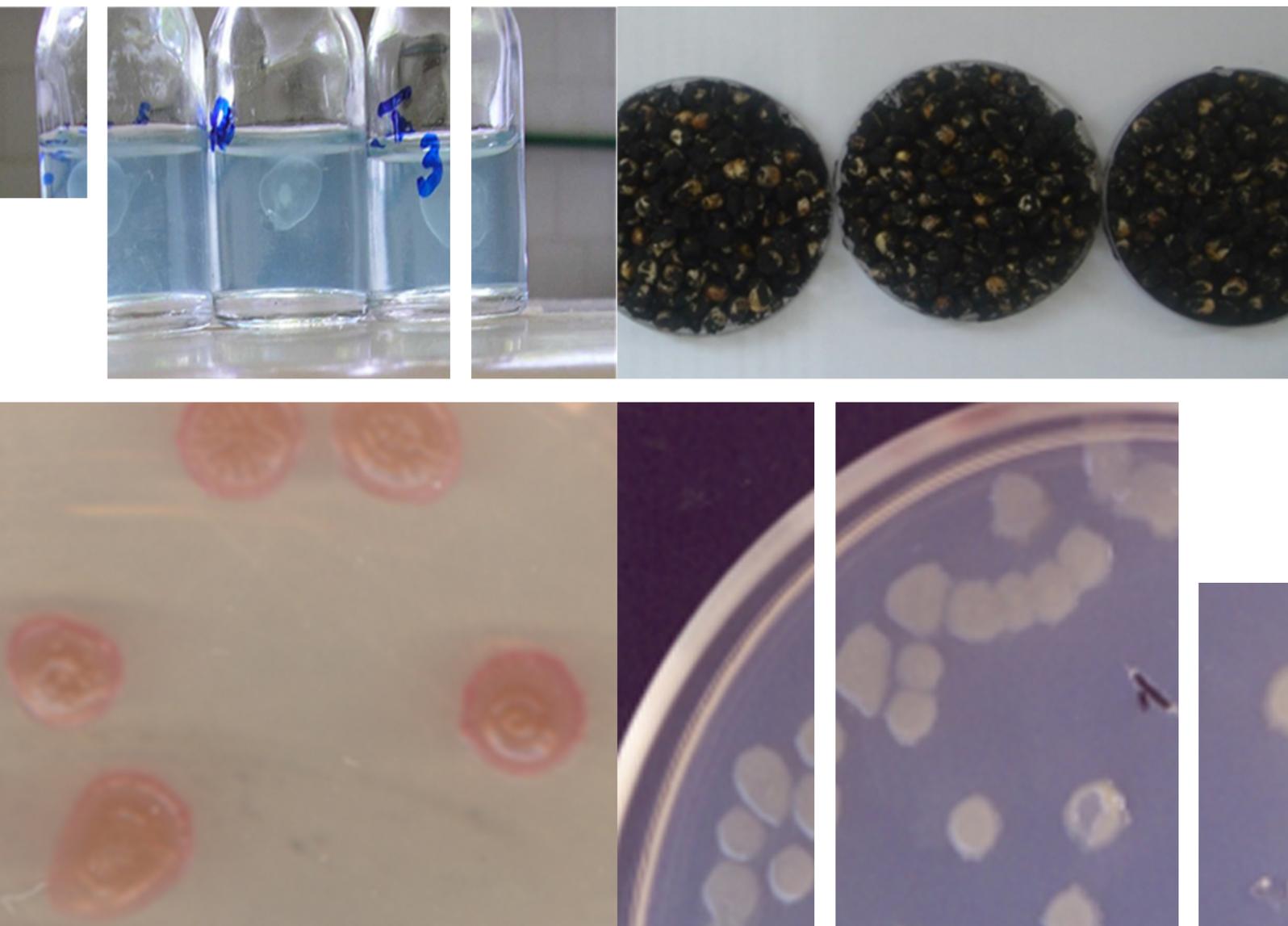


O mercado de biofertilizantes e inoculantes: status e potencial de ativos da Embrapa Milho e Sorgo



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Milho e Sorgo
Ministério da Agricultura e Pecuária*

DOCUMENTOS 278

O mercado de biofertilizantes e inoculantes: status e potencial de ativos da Embrapa Milho e Sorgo

*Rubens Augusto de Miranda
Ivanildo Evódio Marriel
Christiane Abreu de Oliveira-Paiva*

Esta publicação está disponível no endereço:
<https://www.embrapa.br/milho-e-sorgo/publicacoes>

Embrapa Milho e Sorgo
Rod. MG, 424 Km 45
Caixa Postal 151
CEP 35701-970 Sete Lagoas, MG
Fone: (31) 3027-1100
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente
Maria Marta Pastina

Secretária-executiva
Elena Charlotte Landau

Membros
*Cláudia Teixeira Guimarães, Mônica Matoso
Campanha, Roberto dos Santos Trindade e Maria
Cristina Dias Paes*

Revisão de texto
Antonio Cláudio da Silva Barros

Normalização bibliográfica
Rosângela Lacerda de Castro (CRB-6/2749)

Tratamento das ilustrações
Márcio Augusto Pereira do Nascimento

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
Márcio Augusto Pereira do Nascimento

Foto da capa
Rubens Augusto de Miranda

1ª edição
Publicação digital (2023): PDF

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Milho e Sorgo

Miranda, Rubens Augusto de.

O mercado de biofertilizantes e inoculantes: status e potencial de ativos
da Embrapa Milho e Sorgo / Rubens Augusto de Miranda, Ivanildo Evódio
Marriel, Christiane Abreu de Oliveira-Paiva. – Sete Lagoas : Embrapa Milho
e Sorgo, 2023.

PDF (15 p.) : il. color. – (Documentos / Embrapa Milho e Sorgo, ISSN
1518-4277 ; 278).

1. Bioinsumo. 2. Fixação de nitrogênio. 3. Solubilização. 4. Fosfato. 5.
Tecnologia. I. Marriel, Ivanildo Evódio. II. Oliveira-Paiva, Christiane Abreu de.
III. Título. IV. Série.

CDD (21.ed.) 631.46

Autores

Rubens Augusto de Miranda

Economista, doutor em Administração, pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Ivanildo Evódio Marriel

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas), pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Christiane Abreu de Oliveira-Paiva

Engenheira-agrônoma, doutora em Interação Planta-Microrganismos, pesquisadora da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG

Apresentação

Os bioinsumos estão intrinsecamente atrelados ao sucesso da agricultura brasileira, e um grande exemplo disso é o da inoculação da soja com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* para a fixação biológica de nitrogênio, algo que foi fundamental para o crescimento da cultura da oleaginosa no Brasil. Mais recentemente, o setor de bioinsumos vem apresentando taxas de crescimento extraordinárias e se estabelecendo como protagonista no agronegócio brasileiro, adquirindo relevância entre as principais culturas agrícolas do País e não apenas na soja. Almejando expandir e fortalecer o uso de bioinsumos para promover a sustentabilidade da agropecuária, foi lançado em 2020 o Programa Nacional de Bioinsumos, para pavimentar um futuro ainda mais promissor para o setor (Brasil, 2020). Nesse contexto, a Embrapa Milho e Sorgo não esteve à margem dessas mudanças, pois também vem contribuindo com o desenvolvimento e a transferência de soluções tecnológicas disruptivas. O presente trabalho avalia o potencial de impacto de duas dessas soluções, um inoculante para fixação biológica de nitrogênio em gramíneas e um inoculante para solubilização de fosfato, sendo esse último já um grande sucesso comercial.

Frederico Ozanan Machado Durães

Chefe-Geral da Embrapa Milho e Sorgo

Sumário

Introdução.....	7
Os ativos da Embrapa Milho e Sorgo relacionados a biofertilizantes/inoculantes.....	13
Considerações finais.	12
Referências.....	13
Literatura Recomendada.....	12

Introdução

Ao longo das últimas décadas, a produção soja e do milho no Brasil cresceu ao ponto de estabelecer essas culturas como os principais destaques do agronegócio nacional. Segundo estimativas do Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) (Brasil, 2023), o Valor Bruto da Produção (VBP) da agropecuária da soja e do milho alcançará em 2023, respectivamente, R\$ 345,9 bilhões e R\$ 152,1 bilhões. Caso essa previsão se confirme, serão os dois maiores valores de todo o agronegócio brasileiro. Eles superam os R\$ 138 bilhões da bovinocultura de corte e os R\$ 106,6 bilhões da cana-de-açúcar.

No ano agrícola 2022/2023, foram colhidas 154,6 milhões de toneladas de soja e 127,8 milhões de toneladas milho, resultando em safra recorde em ambos os casos. Adicionalmente, as duas culturas juntas responderam por 92,46% da safra brasileira de grãos, que totalizou 305,3 milhões de toneladas. Nesse contexto, os fertilizantes desempenharam um papel crucial para o crescimento da produção agrícola brasileira, pois são eles que fornecem os nutrientes necessários para um melhor crescimento e desenvolvimento das plantas. As diferentes culturas agrícolas possuem demandas distintas para cada nutriente, e a necessidade de fornecimento via fertilizantes também varia de acordo com a qualidade do solo. O nitrogênio (N), o fósforo (P) e o potássio (K) são os nutrientes comumente adotados na agricultura, assim como a junção deles nos mesmos formulados, o chamado NPK.

Concomitantemente à expansão substancial da produção agrícola brasileira ao longo das últimas décadas, principalmente no Cerrado, a demanda por fertilizantes cresceu exponencialmente e a dependência histórica do Brasil por esses insumos se agravou. De acordo com a Associação Nacional para Difusão de Adubos (2023), em 2022, foram entregues ao mercado 41.077.519 toneladas de fertilizantes, sendo que as importações abrangeram 84% desse montante, 34.606.843 toneladas. A vulnerabilidade oriunda da dependência externa de fertilizantes foi exacerbada pelos desdobramentos da Guerra da Ucrânia, que levou à explosão dos preços desses insumos em meados de 2022, mas eles voltaram a cair no final do ano. Em decorrência disso, os custos de produção aumentaram substancialmente, dado que em algumas culturas os fertilizantes podem representar até 40% dos custos operacionais. A Figura 1 ilustra a evolução dos preços das principais fórmulas de culturas selecionadas no decorrer de 2022.

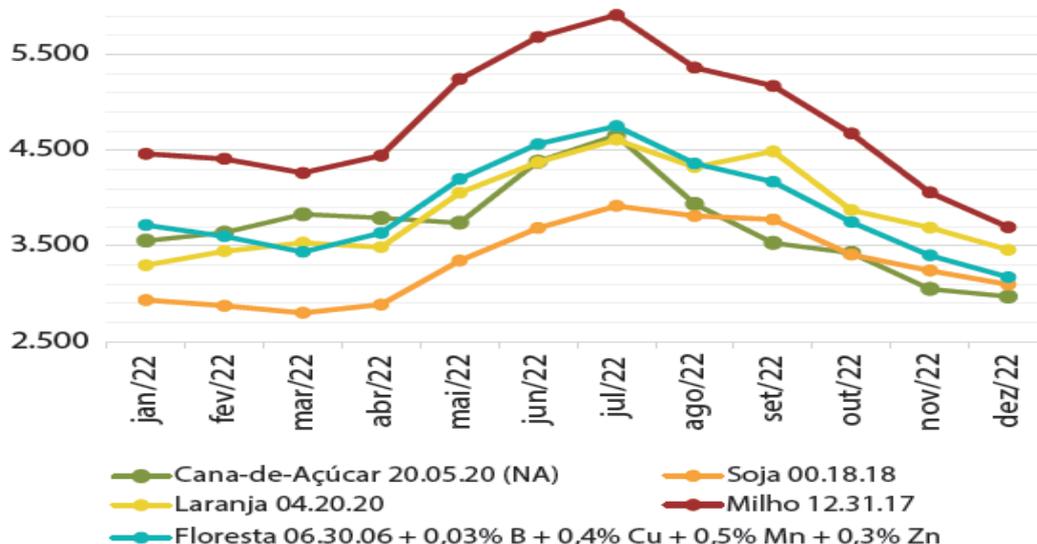


Figura 1. Preço *Cost and Freight* (CRF) médio de mercado, em 2022, das principais fórmulas por cultura (R\$/t).

Fonte: GlobalFert (2023, p. 109).

A GlobalFert (2023) estimou que, em 2023, o milho e a soja responderão por 68,9% do consumo de fertilizantes no Brasil, ou seja, 30,14 milhões de toneladas de um total estimado de 43,75 milhões de toneladas (Figura 2). Segundo essas estimativas, a cultura da soja consumirá 21,83 milhões de toneladas (49,9% do total estimado) e a cultura do milho responderá por 8,31 milhões de toneladas (19,0% do total estimado).

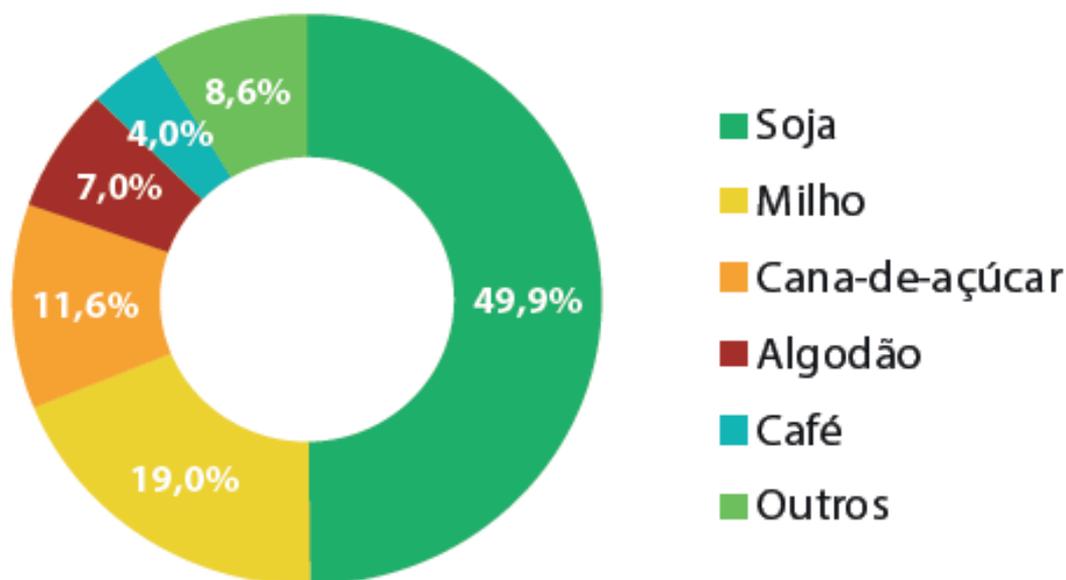


Figura 2. *Market-share* do consumo de fertilizantes por cultura em 2023.

Fonte: GlobalFert (2023, p. 23).

Em relação à oferta doméstica de nitrogênio para as lavouras brasileiras, em 2023, apenas duas empresas brasileiras estão produzindo fertilizantes nitrogenados, a Yara (416.000 t/ano de nitrato de amônio e 211.000 t/ano de amônia) e a Unigel (770.000 t/ano de sulfato de amônio e 1.125.000 t/ano de ureia). Frente a essa produção doméstica restrita de fertilizante nitrogenados, em 2022 foram importados 7,23 milhões de toneladas de ureia, 4,6 milhões de toneladas de sulfato de amônio e 707,6 mil toneladas de nitrato de amônio (GlobalFert, 2023).

A produção nacional de fertilizantes fosfatados e rocha fosfática é oriunda principalmente de sete empresas: a Yara (2.274.000 t/ano de fertilizantes fosfatados); a Galvani (575 t/ano de fertilizantes fosfatados e 571.000 t/ano de rocha fosfática); a Itafos (1.000.000 t/ano de fertilizantes fosfatados); Eurochem (400.000 t/ano de rocha fosfática); e a MOSAIC, a TIMAC AGRO, a CIBRA e a CMOC, sendo que essas últimas não possuem informações disponíveis de capacidade produtiva (GlobalFert, 2023).

Paralelamente aos esforços de aumento da produção brasileira de fertilizantes, vem ocorrendo o crescimento do mercado de bioinsumos, que são insumos biológicos de origem animal, vegetal ou microbiana (vírus, bactérias e fungos) utilizados no controle de pragas agrícolas, no desenvolvimento e na nutrição de plantas. Inoculantes à base de bactérias fixadoras de nitrogênio foram (e ainda são) fundamentais para a prosperidade da cultura da soja no Brasil. GlobalFert (2023) apontou que 82% dos sojicultores utilizam inoculantes à base de *Bradyrhizobium* nas lavouras. Sem esses inoculantes, a oferta doméstica deficitária de fertilizantes nitrogenados poderia ter se constituído em um grande empecilho para o crescimento do plantio da oleaginosa no País. Segundo Dall'Agnol e Nogueira (2020):

O setor de bioinsumos movimentou perto de R\$ 1 bilhão por ano no Brasil e cresce a uma taxa anual superior a 10%. Entre 2015 e 2019, 40 novas empresas produtoras de bioinsumos ingressaram no setor no País, que, juntamente com as que já estavam operando antes de 2015, no final de 2019 totalizavam 80 biofábricas, indicando que mais da metade delas existem há menos de cinco anos. O registro de novos produtos biológicos, por sua vez, cresceu de apenas três, em 2011, para 106, em 2018.

Recentemente, a S&P Global Commodity Insights (2023) citou a pesquisa da IHS Markit que mensurou o faturamento do mercado brasileiro de biofertilizantes/bioestimulantes em 2020 no valor de US\$ 545 milhões, com a cultura da soja respondendo por 40% desse montante. Segundo a GlobalFert (2023, p. 141):

...o Brasil é o maior mercado de insumos biológicos no mundo, com movimentações por volta de R\$ 3 bilhões por ano, sendo que, deste valor, aproximadamente 20% foram provenientes dos inoculantes. Além disso, este mercado tem apresentado uma taxa anual de crescimento de 32%.

Em 2013, a Embrapa Soja (Londrina, PR) lançou a técnica de coinoculação do *Bradyrhizobium* + *Azospirillum*, que teve grande aceitação pelos sojicultores, apresentando um crescimento acentuado nas últimas safras. Estima-se que em 15% da área de soja na safra 2018/2019 foi adotada a técnica de coinoculação, algo próximo de 4,3 milhões de hectares. Mais recentemente, na safra 2021/2022, a coinoculação abrangeu aproximadamente 30% das lavouras de soja no País (Araújo, 2022; GlobalFert, 2023). Segundo a ANPII (Associação Nacional dos Produtores e Importadores de Inoculantes, 2023), em 2022, foram comercializados 130 milhões de doses de inoculantes, sendo que 80% foram destinadas apenas para a cultura da soja, seguida pelo milho e pelo trigo.

Segundo Hungria e Nogueira (2022), o *Azospirillum brasilense* (estirpes Ab-V5 e Ab-V6) coinoculado com o *Bradyrhizobium* proporcionou grandes benefícios no rendimento da soja. A Associação Nacional dos Produtores e Importadores de Inoculantes (2023) apontou que o ganho de produtividade das lavouras de soja com a coinoculação foi de 16%. Em relação especificamente à cultura do milho, os autores argumentam que os ensaios realizados ao longo de uma década indicam a viabilidade de substituição de 25% do N fertilizante usado em cobertura¹.

Os ativos da Embrapa Milho e Sorgo relacionados a biofertilizantes/inoculantes

A Embrapa Milho e Sorgo possui dentre os seus principais ativos o know-how associado à prospecção e avaliação de isolados da Coleção de Microrganismos Multifuncionais e Fitopatogênicos de Milho e Sorgo (CMMF-MS), que é uma das coleções da Rede de Recursos Genéticos Microbianos da Embrapa. Tal coleção tem como objetivos coleta, caracterização, documentação, preservação e prospecção de microrganismos de interesse agrícola. A partir desses ativos, a Embrapa Milho e Sorgo vem se envolvendo em parcerias para desenvolver bioprodutos em diferentes mercados, dentre os quais se destacam os biofertilizantes/inoculantes no fornecimento de N e P para as plantas (abarcando as culturas do milho, da soja, cana-de-açúcar, do feijão, do arroz, da batata, do algodão, etc.).

¹Essa informação é utilizada para mensurar o potencial de economia anual com fertilizantes nitrogenados de US\$ 0,56 bilhão na cultura do milho, considerando 22,51 milhões hectares, redução de R\$ 119,19/ha com fertilizantes e a taxa de câmbio média de R\$ 4,8/US\$ do mês de julho de 2023.

O nitrogênio (N) é um nutriente fundamental para o crescimento e desenvolvimento da planta, atuando diretamente na fotossíntese. Apesar de o N₂ constituir 78% dos gases atmosféricos, as plantas não conseguem utilizá-lo diretamente como nutriente. Contudo, ao se difundir no solo, o N₂ dos gases atmosféricos consegue ser aproveitado por algumas bactérias (denominadas de diazotróficas por conseguirem fixar nitrogênio atmosférico). O processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) decorre da interação simbiótica dessas bactérias com as plantas.

Em relação ao processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN), a Embrapa Milho e Sorgo desenvolveu² com parceiro privado um inoculante formulado, tanto em pó como líquido, com uma estirpe de *Azospirillum brasilense* (*A. baldaniorum*) para substituição parcial ou para complementar a adubação nitrogenada na cultura do milho. Na validação agrônômica preliminar, o produto desenvolvido foi inoculado junto com 60 kg/ha de N (1/2 dose de N recomendada na região de teste) e apresentou resultados similares, estatisticamente, à aplicação da dose recomendada de 120 kg/ha, além de também ter apresentado um acréscimo de produtividade na ordem de 8%.

Para avaliar o potencial de impacto de produtos envolvendo a estirpe selecionada, extrapolaram-se os resultados da avaliação agrônômica do produto desenvolvido para dados de mercado³. O levantamento sistemático da Conab (Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, 2023) indica que a produtividade média das lavouras de milho no Brasil na safra 2022/2023 foi de 5.855 kg/ha. Segundo Coelho e França (1995), citados por Coelho (2006), a quantidade média requerida de N para sustentar uma produtividade de milho na ordem de 5.800 kg/ha é de 100 kg. Considerando que o inoculante desenvolvido pode proporcionar uma economia de 50% da dose de N e um ganho de produtividade de 8% (468 kg em relação à produtividade média de 2022/2023), a extrapolação para a área de 22,2 milhões de hectares plantados de milho representa uma economia potencial com N de R\$ 7,43 bilhões⁴ (ou US\$ 1,55 bilhão⁵). Adicionalmente, o potencial ganho de produtividade de 8% sobre a média de 5.855 kg/ha em 2022/2023 seria de 468,4 kg/ha. Essa quantidade de acréscimo de produtividade extrapolada para a área plantada e precificada pela cotação média do milho⁶ em julho de 2023 resulta num ganho potencial agregado de R\$ 7,14 bilhões (ou US\$ 1,49 bilhão).

O fósforo (P) é um dos nutrientes limitantes, em caso de escassez, para o desenvolvimento das plantas. Apesar da quantidade total de P da maioria dos solos ser relativamente elevada, a disponibilidade para as plantas é muito baixa, com tal situação ocorrendo de forma destacada em solos tropicais intemperizados (Novais; Smyth, 1999). Na cultura da soja, o P tem o desdobramento adicional de contribuir para a nodulação e consequente fixação do nitrogênio atmosférico (Oliveira-Paiva et al., 2021). Essa contribuição para o aumento de disponibilidade de outro importante nutriente, o N, ajuda a explicar parte do grande sucesso da solução tecnológica “inoculantes solubilizadores de fosfato” entre os sojicultores.

O estudo de Whitters et al. (2018) revelou que quase metade da quantidade de fósforo aplicada na agricultura brasileira, na forma de fertilizante inorgânico, ao longo das últimas cinco décadas,

² Que se encontra em fase de validação para registro.

³ É importante ressaltar que uma extrapolação com maior acurácia envolve a validação em situações edafoclimáticas variadas.

⁴ Uma tonelada de ureia possui 450 kg de N. Assim, a quantidade requerida de 100 kg/ha equivale a 222,22 kg de ureia. O preço médio da ureia em julho de 2023 nos estados pesquisados pela Conab (2023a) foi de R\$ 3.014/t. Assim, os 222,22 kg de ureia custaram, na média, R\$ 669,78 no referido mês. Uma economia de 50% de N representa R\$ 334,89 por hectare, que extrapolando para 22.200.000 hectares totaliza R\$ 7,43 bilhões.

⁵ Considerando a taxa de câmbio média do mês de julho de 2023 de R\$ 4,8/US\$.

⁶ As cotações médias do milho em cada Unidade da Federação para o mês de julho de 2023 (Conab, 2023b) foram ponderadas pela produção na safra 2022/2023 para se obter a média ponderada nacional de R\$ 0,6870 kg.

continua no solo, o que constituiria reserva superior a US\$ 40 bilhões, em termos de valores monetários. Posteriormente, Pavinato et al. (2020) estimaram que uma grande proporção do P incorporado ao solo, pela aplicação de fertilizantes, e não removido pelas culturas agrícolas (>70%), permanece no solo em formas não disponíveis para as plantas.

É na sobreposição dos contextos de déficit na produção de fertilizantes, crescimento do mercado de bioinsumos e reservas de P no solo que ocorreu uma parceria da Embrapa Milho e Sorgo com um parceiro privado para o desenvolvimento de um inoculante solubilizador de fosfato. Os números superlativos nos primeiros anos de adoção de produtos comerciais solubilizadores de fosfato já dimensionam o grande potencial mercadológico deles. Para ilustrar isso, informações preliminares apontam que somente o BiomaPhos já alcançou o patamar de 5 milhões de hectares na safra 2022/2023, abrangendo as culturas da soja e do milho até o momento, sendo que recentemente já ocorreu o registro de produto para a cana-de-açúcar.

Em relação aos impactos dos inoculantes solubilizadores de fosfato, as Tabelas 1 e 2 apresentam os resultados de validação agrônômica do BiomaPhos para as culturas da soja e do milho em 596 experimentos espalhados pelo Brasil⁷, abarcando centenas de municípios (212, considerando apenas os resultados da Tabela 2). A partir desses dados, os ganhos médios por hectare esperados para a soja e para o milho foram estimados, respectivamente, em 7,5049% e 9,4189%. Esses ganhos de produtividade se referem à situação de manutenção da dose indicada de P.

Tabela 1. Ganho médio, amplitude do ganho, ganho médio, amplitude do ganho, custo por saca e custo por aplicação do inoculante BiomaPhos nas culturas do milho e da soja em experimentos conduzidos nas safras 2018/2019 e 2019/2020 em diferentes estados do Brasil.

Estado	Número*	Ganho médio (%)	Amplitude ganho (%)	Ganho médio (sc/ha**)	Amplitude ganho (sc/ha)
Milho					
BA	1	7,8	7,8–7,8	8,2	8,2–8,2
GO	5	7,3	3,6–13,0	10,3	5,3–18,7
MG	9	10	5,1–22,4	17,4	8,2–33,0
MS	2	11,3	10,6–12,0	11,3	11,0–11,6
MT	1	17,6	17,6–17,6	14,2	14,2–14,2
PR	8	8	1,4–17,2	10,9	2,8–14,9
RS	11	10	1,8–29,4	9,1	3,1–19,7
Brasil	37	9,4***	1,4–29,4	11,9	2,8–33,0
Soja					
GO	26	10	1,6–13,2	4,5	1,1–9,0
MS	14	4,7	1,5–8,8	2,9	1,0–5,2
MT	48	5,4	0,3–14,7	3,5	0,2–9,2
MG	31	6,3	0,1–18,5	4,4	0,1–11,5
PR	55	7,5	1,2–16,7	5,3	1,1–11,1
RS	5	5,5	3,7–8,9	3,5	2,4–5,5
SC	2	2,8	2,2–3,4	2,2	2,2–2,2
Brasil	181	6,8***	0,3–18,5	4,3	0,1–11,5

Fonte: Oliveira-Paiva et al. (2020). *Número de pontos avaliados em áreas de lavoura comercial de 20 ha. **Saca de 60 kg. ***Média ponderada.

7 Em todos os locais, os produtores selecionaram áreas homogêneas de 20 ha (baseando-se no histórico de cultivo e produção), em que a metade recebeu sementes inoculadas com BiomaPhos e a outra metade recebeu sementes não inoculadas.

Tabela 2. Ganho médio de produtividade, amplitude do ganho, ganho médio, amplitude do ganho, custo por saca e custo por aplicação do inoculante BiomaPhos na cultura soja em experimentos conduzidos nas safras 2020/2021 em diferentes estados.

Estado	Número*	Ganho médio (%)	Amplitude ganho (%)	Ganho médio (sc/ha**)	Amplitude ganho (sc/ha)
BA	30	9,9	2,9–25,8	4,8	1,3–12,9
GO	47	9	2,7–22,0	4,8	1,5–11,4
MS	42	5,6	1,4–14,7	4,7	1,2–12,8
MT	51	10,8	2,8–41,2	5	1,1–12,9
PA	13	9,1	3,4–18,2	5,3	2,0–10,6
PR	75	7,5	1,5–24,8	4,8	1,0–15,8
RS	104	6,5	1,4–21,0	4,6	1,0–14,9
SC	26	6,1	1,3–16,2	4,7	1,0–12,8
SP	21	8,6	1,5–21,7	4,7	1,0–14,4
Brasil	415	7,8***	1,3–25,8	4,8	1,0–15,8

Fonte: Oliveira-Paiva et al. (2021). *Número de pontos avaliados em áreas de lavoura comercial de 20 ha. **Saca de 60 kg. ***Média ponderada.

O impacto potencial pode ser feito descontando-se o custo dos inoculantes do ganho com o aumento de produtividade. O custo médio da aplicação de inoculante é de 0,5 saca de soja ou 1,5 saca de milho por hectare e o ganho potencial de produtividade sobre o rendimento médio da safra 2022/2023 foi de 4,39 sacas de soja e 9,19 sacas de milho. O ganho potencial de produtividade, descontando-se do custo de aplicação aplicado à cotação média da saca, em julho de 2023⁸, é de R\$ 7,04 bilhões (US\$ 1,47 bilhão) para a cultura do milho e de R\$ 20,73 bilhões (US\$ 4,32 bilhões) para a cultura da soja.

Por fim, é importante ressaltar que as estimativas de impacto potencial de inoculantes de N e P ocorreram sob a premissa simplificadora de *ceteris paribus* (todo o resto constante), ao se desconsiderarem as variações nos preços decorrentes das alterações substanciais da oferta (grãos) e da demanda (fertilizantes). Tais análises demandam modelos de equilíbrio complexos, além do escopo do presente documento.

Considerações finais

Há décadas os insumos biológicos vêm contribuindo para o sucesso de agricultura brasileira. Entretanto, é inegável o impulso que o setor vem recebendo nos últimos anos, crescendo substancialmente em segmentos que vão desde defesa vegetal até fertilizantes. Existem diversas razões para a emergência dos biológicos, mas o divisor de águas talvez tenha sido o estabelecimento e o aprimoramento de marco regulatório (Lei de Biodiversidade, SisGen, entre outros). Esse processo diminuiu a insegurança jurídica e atraiu novos participantes e novos investimentos para o setor, inclusive estrangeiros.

Em adição ao crescimento do setor de bioinsumos no Brasil, em 2020, o Ministério da Agricultura e Pecuária (Mapa) lançou o “Programa Nacional de Incentivo à Produção e Uso de Bioinsumos”, com o objetivo de estimular e impulsionar a utilização de insumos biológicos em larga escala na agricultura convencional, reduzindo os custos de produção, a poluição ambiental e a dependência de agrotóxicos e fertilizantes importados.

Por causa da relevância da nutrição vegetal para a agricultura (os fertilizantes respondem por 30% a 40% dos custos de produção de algumas das principais culturas agrícolas), qualquer análise

⁸ Obtida em Conab (2023b). A cotação média ponderada nacional do milho no mês de julho de 2023 foi mensurada em R\$ 0,6870 kg e a da soja, em R\$ 2,0161.

envolverá números superlativos, principalmente no âmbito das potencialidades. Nas últimas décadas, alguns dos ativos mais disruptivos desenvolvidos pela Embrapa foram inoculantes para a substituição parcial e/ou para a potencialização de nutrientes, colocando a Empresa na vanguarda desse segmento de mercado e estabelecendo uma contribuição indelével para a sustentabilidade da agricultura brasileira.

Referências

ACOMPANHAMENTO da Safra Brasileira [de] Grãos, v. 10 - safra 2022/23: décimo primeiro levantamento: agosto 2023. Brasília, DF: Conab, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 17 ago. 2023.

ARAÚJO, S. C. **Pesquisas, avanços e futuro**: o crescimento da Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN) e o empenho de pesquisadores e empresas na busca pela sustentabilidade agrícola. Curitiba: Associação Nacional dos Produtores e Importadores de Inoculantes, 2022. 96 p. Disponível em: https://www.anpii.org.br/wp-content/uploads/2023/05/livro_ANPII_2022_folhas_soltas.pdf. Acesso em: 7 ago. 2023.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES E IMPORTADORES DE INOCULANTES. **Brasil utiliza mais de 130 milhões de doses de inoculantes biológicos nas lavouras e os benefícios ambientais ganham destaque**. 2023. Disponível em: <https://www.anpii.org.br/brasil-utiliza-mais-de-130-milhoes-de-doses-de-inoculantes-biologicos-nas-lavouras-e-os-beneficios-ambientais-ganham-destaque>. Acesso em: 7 ago. 2023.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS. **Pesquisa Setorial**: macro indicadores: dados 2023. Disponível em: http://anda.org.br/pesquisa_setorial. Acesso em: 7 ago. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **O Programa Nacional de Bioinsumos**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inovacao/bioinsumos/o-programa>. Acesso em: 7 ago. 2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Valor Bruto da Produção Agropecuária em 2023 é estimado em R\$ 1,179 trilhão**. Brasília, DF, 2023. Notícias. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/valor-bruto-da-producao-agropecuaria-em-2023-e-estimado-em-r-1-179-trilhao>. Acesso em: 7 ago. 2023.

COELHO, M. A. **Nutrição e adubação do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 78). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPMS/19622/1/Circ_78.pdf. Acesso em: 7 ago. 2023.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Insumos Agropecuários**. Brasília, DF 2023a. Disponível em: <https://consultaweb.conab.gov.br/consultas/consultaInsumo.do?method=acaoCarregarConsulta>. Acesso em: 17 ago. 2023.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Portal de Informações Agropecuárias**: mercado: preços agropecuários. Brasília, DF, 2023b. Disponível em: <https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/precos-agropecuarios.html>. Acesso em: 17 ago. 2023.

DALL'AGNOL, A.; NOGUEIRA, M. A. **Bioinsumos**: a terceira onda da agricultura brasileira. 16 jul. 2020. Disponível em: <https://blogs.canalrural.com.br/embrapasoja/2020/07/16/bioinsumos-a-terceira-onda-da-agricultura-brasileira>. Acesso em: 7 ago. 2023.

GLOBALFERT. **Outlook GlobalFert 2023**. Disponível em: <https://globalfert.com.br/outlook-globalfert/>. Acesso em: 7 ago. 2023.

HUNGRIA, M.; NOGUEIRA, M. A. **Inoculação do milho com as estirpes Ab-V5 e Ab-V6 de *Azospirillum brasilense***: na redução na adubação nitrogenada de cobertura e mitigação na emissão de gases de efeito estufa. Londrina: Embrapa Soja, 2022. 36 p. (Embrapa Soja. Documentos, 450). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/242858/1/Doc-450-OL.pdf>. Acesso em: 7 ago. 2023.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; COTA, L. V.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; SOUSA, S. M. de; LANA, U. G. de P.; SANTOS, F. C. dos; PINTO JÚNIOR, A. S.; ALVES, V. M. C. **Viabilidade técnica e econômica do Biomaphos® (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) nas culturas de milho e soja**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 20 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 210). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/217542/1/Bol-210.pdf><https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/155505/1/doc-202-1.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2023.

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; COTA, L. V.; MARRIEL, I. E.; ALVES, V. M. C.; GOMES, E. A.; SOUSA, S. M. de; SANTOS, F. C. dos; SOUZA, F. F. de; LANDAU, E. C.; PINTO JÚNIOR, A. S.; LANA, U. G. de P. **Validação da recomendação para o uso do inoculante BiomaPhos® (*Bacillus subtilis* CNPMS B2084 e *Bacillus megaterium* CNPMS B119) na cultura de soja**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. 18 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 279). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/228039/1/CIRC-TEC-279-Validacao-recomendacao-BiomaPhos-cultura-soja.pdf><https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/155505/1/doc-202-1.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2023.

PAVINATO, P. S.; CHERUBIN, M. R.; SOLTANGHEIS, A.; ROCHA, G. C.; CHADWICK, D. R.; JONES, D. L. Revealing soil legacy phosphorus to promote sustainable agriculture in Brazil. **Scientific Reports**, v. 10, article 15615, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72302-1>.

S&P GLOBAL COMMODITY INSIGHTS. **Crescente mercado brasileiro de biocontrole e bioestimulantes**. Disponível em: <https://www.spglobal.com/commodityinsights/en/ci/Info/0522/brasil-mercado-biocontrole-bioestimulantes-safra-2022.html#:~:text=O%20Mercado%20Brasileiro%20de%20Bio%20C3%B3gicos,US%24%20825%20milh%C3%B5es%20em%202020>. Acesso em: 7 ago. 2023.

WHITERS, P. J. A.; RODRIGUES, M.; SOLTANGHEISI, A.; CARVALHO, T. S.; GUILHERME, L. R. G.; BENITES, V. M.; GATIBONI, L. C.; SOUSA, D. M. G.; NUNES, R. S.; ROSOLEM, C. A.; ANDREOTE, F. D.; OLIVEIRA JR., A.; COUTINHO, E. L. M.; PAVINATO, P. S. Transitions to sustainable management of phosphorus in Brazilian agriculture. **Scientific Reports**, v. 8, article 2537, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20887-z>.

Literatura Recomendada

BRASIL. Secretaria Especial de Assuntos Estratégicos. **Produção nacional de fertilizantes: estudo estratégico**. Brasília, DF, 2020. 23 p. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/assuntos/>

assuntos-estrategicos/documentos/estudos-estrategicos/sae_publicacao_fertilizantes_v10.pdf/view. Acesso em: 4 jan. 2022.

HUNGRIA, M. **Inoculação com *Azospirillum brasilense***: inovação em rendimento a baixo custo. Londrina: Embrapa Soja, 2011. 36 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 325). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/879471/inoculacao-com-azospirillum-brasilense-inovacao-em-rendimento-a-baixo-custo>. Acesso em: 7 ago. 2023.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES, I. C. **A importância do processo de fixação biológica do nitrogênio para a cultura da soja**: componente essencial para a competitividade do produto brasileiro. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 80 p. (Embrapa Soja. Documentos, 283). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/564908/a-importancia-do-processo-de-fixacao-biologica-do-nitrogenio-para-a-cultura-da-soja-componente-essencial-para-a-competitividade-do-produto-brasileiro>. Acesso em: 7 ago. 2023.

Embrapa

Milho e Sorgo

CGPE 018302

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA E
PECUÁRIA

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO